

# CNG加气站工艺设计研究

彭吕军

创鑫工程咨询股份有限公司四川分公司 四川 成都 610000

**摘要:** CNG主要是指压缩天然气,其作为一种汽车燃料所具有的环保性、安全性、经济性特点较为明显,其在当前汽车领域应用极为广泛。通过深入研究了CNG加气站的工艺设计,从进气系统、压缩系统、储存系统、加气系统到排放与处理系统等多个环节进行了全面剖析。研究强调了各系统间的协调配合与优化设计,特别关注于提高加气效率、降低能耗、确保安全及环保合规性,为相关领域的工程设计与运营管理提供了有力参考。

**关键词:** CNG; 加气站; 工艺; 设计

引言:随着当前社会经济的进步,我国对天然气需求的逐年增加,使得CNG加气站建设规模进一步扩大,但在实际应用过程中CNG加气站常会出现运行故障现象,对整个CNG加气站质量安全及后续发展建设带来不利的影响;因此做好对CNG加气站整体工艺流程的优化,便显得极为必要。本文对CNG加气站工艺流程优化设计进行全面分析,并对其做相应整理和总结。

## 1 CNG 加气站概述

CNG加气站,全称为压缩天然气加气站,是专门以压缩天然气(CNG)形式为天然气汽车(Natural Gas Vehicle)和大型CNG子站车提供燃料的场所。CNG主要由甲烷( $\text{CH}_4$ )组成,同时含有少量丙烷( $\text{C}_3\text{H}_8$ )和丁烷( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ),具有较高的辛烷值和热值,抗爆性能明显优于汽油,且燃烧性能良好。作为一种绿色、清洁的车用燃料,CNG具有成本低、效益高、无污染、使用安全便捷等特点。CNG加气站一般根据站区现场或附近是否有天然气管线,可分为常规站、母站和子站。常规站通常建在有天然气管线通过的地方,直接从管线取气,经过脱硫、脱水等预处理后,进入压缩机压缩至25MPa,再通过售气机为车辆加气。母站则多建在城市边缘,具有更高的进气压力和更大的加气量,除了具备常规站的功能外,还负责将压缩后的天然气装入槽车,运往子站供气。子站则多建于城市内或没有燃气管道敷设的乡镇工业区,通过接收来自母站的槽车天然气,再为车辆加气<sup>[1]</sup>。CNG加气站主要由天然气调压计量系统、天然气净化系统、天然气压缩系统、天然气储存系统、CNG加气系统和控制系统等六大系统组成。其中,压缩机是系统的关键设备,其性能直接影响加气站的运行效率和经济性。整个加气过程包括天然气的预处理、压缩、储存和加气等环节,通过各系统的协同工作,确保天然气以稳定、安全、高效的方式供给车辆使用。

## 2 CNG 加气站工艺设计原则

### 2.1 安全性原则

CNG加气站工艺设计的首要原则便是安全性原则,这一原则贯穿于整个设计、建设及运营过程的始终,是确保加气站稳定运行、保护人员生命财产安全及环境安全的基石。(1)选址布局需科学合理。加气站应远离居民区、学校、医院等人口密集场所及易燃易爆场所,确保一旦发生事故,其影响范围能够得到有效控制,站内各功能区如储气区、加气区、压缩机房等应合理划分,并保持足够的安全距离,避免交叉作业带来的安全隐患。(2)设备选型与配置需严格遵循安全标准。压缩机、储气瓶组、加气机等关键设备必须选用质量可靠、性能稳定的产品,并符合相关安全认证及行业标准,设备的安装、调试及维护保养需由专业人员进行,确保设备在最佳状态下运行。此外,还应配置完善的安全附件,如安全阀、压力表、温度计、紧急切断阀等,以便在紧急情况下迅速切断气源,防止事故扩大。(3)工艺流程设计需注重安全控制。从天然气进站开始,经过预处理、压缩、储存到加气等各个环节,均需设置相应的安全控制措施。例如,在压缩过程中,需实时监测压缩机的运行状态及出口压力,防止超压运行;在储气过程中,需定期检查储气瓶组的外观、压力及泄漏情况,确保储气安全;在加气过程中,需设置防错加装置,防止非CNG车辆进入加气区,同时需控制加气速度,避免气体流速过快产生静电引发火灾。(4)应急预案与安全管理体系需健全完善。加气站应制定详细的应急预案,明确各类事故的应急响应程序、救援措施及责任分工,并定期组织演练,提高员工应对突发事件的能力。同时,还需建立健全的安全管理体系,包括安全责任制、安全教育培训、安全检查与隐患排查等制度,确保安全管理工作的规范化、制度化和常态化。

## 2.2 经济性原则

CNG加气站工艺设计的经济性原则,旨在确保加气站在满足安全、高效运行的前提下,实现投资成本的最小化及运营效益的最大化。这一原则要求在设计过程中深入考量技术选型、设备配置、能耗管理等多个方面。

(1) 技术选型需兼顾先进性与经济性。采用成熟可靠且经济适用的技术方案,避免盲目追求技术前沿而增加不必要的投资,考虑技术升级和未来发展的可能性,确保所选技术具有一定的前瞻性和可扩展性。(2) 设备配置需注重性价比。在满足安全、高效运行要求的基础上,优选性价比高的设备,避免过度配置造成资源浪费。同时,考虑设备的运行成本和维护成本,选择易于维护、故障率低的设备,降低长期运营成本。(3) 能耗管理需精细化。通过优化工艺流程、提高设备能效、采用节能技术等措施,降低加气站的能耗水平。例如,采用高效压缩机、优化压缩机运行参数、利用余热回收系统等,实现能源的合理利用和节约。(4) 经济性原则还体现在运营管理方面。通过建立健全的运营管理制度,提高加气站的运营效率和服务质量,吸引更多客户,增加营业收入,注重成本控制,优化资源配置,实现经济效益的最大化。

## 2.3 环保性原则

CNG加气站工艺设计的环保性原则强调在加气站的设计、建设及运营全过程中,需充分考虑对环境的影响,并采取减少污染、保护生态环境。设计时应优先选择低排放、低噪音的设备和工艺。例如,选用高效节能的压缩机,减少能源消耗和废气排放;采用先进的降噪技术,降低设备运行时的噪音水平,减少对周边居民和环境的干扰。另外,需建立完善的废气处理系统。针对加气站可能产生的废气,如压缩机排气、储气瓶组放散气等,需设计合理的收集和处理方案,确保废气排放符合国家环保标准,减少对大气的污染。再者,注重水资源保护和循环利用。在加气站设计中,应合理规划排水系统,防止污水随意排放造成水体污染。最后,加强环保意识的宣传和教育。在加气站运营过程中,应向员工和顾客普及环保知识,提高他们的环保意识,共同推动绿色能源的应用和环境保护事业的发展。

## 2.4 可靠性与可维护性原则

CNG加气站工艺设计的可靠性与可维护性原则,是确保加气站长期稳定运行、减少故障停机时间、提高整体运营效率的关键。系统设计需具备冗余性,关键设备和系统应采用冗余配置,如设置备用压缩机、双路供电系统等,以确保在单一设备或系统故障时,加气站仍能

继续运行,减少因故障导致的服务中断。另外,选择质量可靠、性能稳定的设备,以减少因设备故障导致的停机时间和维修成本,考虑设备的使用寿命和维修周期,确保设备在整个生命周期内都能保持高效运行。再者,加气站的工艺布局和设备安装应便于日常维护和检修。例如,设备间应留有足够的检修空间,便于维修人员进行操作和更换零部件;重要设备和管道应设置便于检测和维护的接口和平台<sup>[2]</sup>。最后,建立完善的维护管理体系。制定详细的维护计划和操作规程,明确维护内容和周期,确保设备得到及时、有效的维护,加强维护人员的培训和管理,提高他们的专业技能和维护意识,确保加气站的长期稳定运行。

## 3 CNG 加气站工艺流程设计

### 3.1 进气系统

进气系统首先负责接收来自上游管道或槽车的天然气。这些天然气通常具有一定的压力,但可能含有杂质和水分,因此进入加气站后需要进行初步处理。天然气通过进气管道进入加气站后,首先会经过过滤装置,如过滤器或过滤分离器,以去除其中的固体杂质,如尘埃、颗粒物等。这一步骤对于保护后续设备和管道免受磨损和堵塞至关重要。经过过滤的天然气随后进入调压系统,通过调压阀将天然气压力调整至适合后续处理工艺的压力范围。同时,为了准确掌握进气量,还会设置计量装置对天然气进行计量,确保数据的准确性和可追溯性。为了应对上游来气压力的不稳定波动,进气系统通常还会设置缓冲罐或缓冲装置。这些装置能够储存一定量的天然气,并在上游压力波动时起到稳定下游压力的作用,确保压缩机等后续设备的稳定运行。进气系统还配备了必要的安全保障措施,如紧急切断阀、可燃气体检测报警器等。这些设备能够在检测到异常情况时迅速切断气源或发出报警信号,确保加气站的安全运行。

### 3.2 压缩系统

CNG加气站的压缩系统是工艺流程中的核心部分,其设计直接关系到天然气的压缩效率、能耗以及设备的稳定运行。

#### 3.2.1 压缩机选型

压缩系统的核心设备是压缩机,其选型需根据加气站的规模、气源条件、用气需求等因素综合考虑。常见的压缩机类型有活塞式、螺杆式、离心式等,每种类型都有其特点和适用范围。例如,活塞式压缩机适用于中小规模加气站,具有结构简单、维护方便等优点;而螺杆式压缩机则适用于大规模加气站,具有压缩效率高、运行稳定等特点。

### 3.2.2 压缩过程

天然气进入压缩机后,经过多级压缩,压力逐渐升高至设定的储气压力(通常为20~25MPa)。在压缩过程中,压缩机通过活塞、螺杆或离心叶轮的旋转运动,对天然气进行压缩,同时产生大量的热能。为了降低压缩过程中的温度,通常需要对压缩机进行冷却处理,如水冷或风冷。

### 3.2.3 安全保护

压缩系统还配备了完善的安全保护装置,以确保设备的安全运行。这些装置包括超压保护、过热保护、过载保护等,能够在设备出现异常时及时切断气源或停机,防止事故的发生。

### 3.3 储存系统

储存系统的核心设备是高压储气瓶组,通常由多个高压钢瓶串联或并联组成,能够承受高达20~25MPa的压力。储气瓶组的设计需考虑其容量、材质、制造工艺及安全性能等多个方面,以确保其长期稳定运行并满足加气站的供气需求。另外,储气瓶组周围设置有完善的安全保护装置,包括但不限于安全阀、压力表、温度计、泄漏报警装置等。这些装置能够实时监测储气瓶组的运行状态,并在出现超压、泄漏等异常情况时迅速响应,防止事故的发生。此外,储气区域还需进行防火、防爆设计,以确保安全。为确保储气瓶组的安全性和可靠性,需定期进行维护和检测。这包括对储气瓶的外观检查、壁厚测量、压力测试等,以及对安全附件的校验和更换,还需建立完善的维护档案,记录每次维护和检测的情况,以便追溯和分析。现代CNG加气站的储存系统正逐步向智能化方向发展。通过安装传感器、数据采集系统等设备,可以实现对储气瓶组运行状态的远程监测和数据分析,提高管理效率并降低人工成本。

### 3.4 加气系统

加气系统主要由加气机组成,每台加气机都配备有精确的计量装置、压力传感器、温度补偿装置等,以确保加气量的准确性和安全性。加气机还需具备多种功能,如自动识别车辆气瓶规格、设定加气量、显示加气状态等,以提高加气效率和用户体验。加气系统同样注重安全保护,设有紧急切断阀、防错加装置、静电接地装置等。紧急切断阀能在检测到异常情况时迅速切断气

源,防止事故扩大;防错加装置则能识别非CNG车辆,防止误加;静电接地装置则能有效消除加气过程中产生的静电,防止火灾和爆炸。为了提高加气效率,加气系统还需对加气流程进行优化。例如,通过优化加气枪的设计,减少插拔次数和时间;通过优化加气机的控制程序,实现快速响应和精确控制;通过合理安排加气车辆的排队顺序,减少等待时间等。

### 3.5 排放与处理系统

在CNG加气过程中,压缩机和储气瓶组可能会产生一定量的废气,这些废气通常包含未完全压缩的天然气、水蒸气以及可能存在的杂质。为了节约资源和减少环境污染,加气站需配备废气回收与处理系统。该系统通过收集、净化、再利用等步骤,将废气中的可回收成分进行回收,对不可回收部分进行安全处理。为确保加气站的安全运行,排放与处理系统还包括安全排放装置。这些装置能够在检测到异常情况时,如超压、泄漏等,迅速将危险气体排放至安全区域,并通过一系列安全措施,如稀释、点火等,确保排放过程的安全性。安全排放装置通常包括安全阀、放散管、点火装置等<sup>[1]</sup>。除此之外,在设计和运行排放与处理系统时,必须严格遵守地方环保法规和标准,确保废气排放达到规定的环保要求。同时,加气站还需定期对排放与处理系统进行维护和检测,确保其正常运行和有效性。

### 结语

总之,CNG加气站工艺设计是一个集高效性、安全性与环保性于一体的复杂系统工程。通过研究,我们深入理解了各系统组件的功能与优化策略,并探讨了其在提高加气效率、保障运行安全及减少环境污染方面的关键作用。未来,随着技术的不断进步和环保要求的日益严格,CNG加气站工艺设计将持续创新,推动行业向更加绿色、智能的方向发展。

### 参考文献

- [1]樊宝德,朱焕勤.加油加气站设计与技术管理[M].北京:中国石化出版社,2020,31(z1):167-170.
- [2]贺红明,林文胜,顾安忠.L-CNG加气站技术浅析[J].天然气工业,2021,(04):126-128,162.
- [3]段碧君.江苏LNG接收站BOG压缩机的节能降耗措施[J].油气储运,2020,31(z1):167-170.